

## Correlation between Tear Proteins Deposition and Oxygen Transmissibility of Soft Contact Lenses

Ji-Young Lee, Jun-Il Lee, So Ra Kim, and Mijung Park\*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea  
(Received May 11, 2017; Revised June 8, 2017; Accepted June 9, 2017)

**Purpose:** In this study, the effect of lysozyme, albumin and globulin on the oxygen transmissibility of soft contact lenses was investigated. **Methods:** The amount of deposited protein was measured after exposing etafilcon A lens (high water content, ionic) and hilafilcon B lens (high water content, non ionic) to lysozyme, albumin and globulin solutions, respectively and the oxygen transmissibility of those lenses was measured by employing the polarographic method. **Results:** The amount of lysozyme deposition in etafilcon A lens was greater than 100 times compared with albumin and globulin depositions. The correlation between protein deposition and decrease in oxygen transmissibility was shown in all protein solutions, and the decrease of oxygen transmissibility caused by a large amount of lysozyme deposition was greater when the exposure time was same. However, when the same amount of tear protein was deposited, the decrease of oxygen transmissibility caused by globulin was the largest. The deposited amounts of lysozyme, albumin, and globulin in hilafilcon B lens were almost same and much smaller compared with those in etafilcon A lens, and the change in oxygen transmissibility was not significant. Hilafilcon B lens also had a correlation between the amount of globulin deposition and decrease in oxygen transmissibility. **Conclusions:** Therefore, it is suggested that the consideration of the amount of deposited protein in the soft contact lens as well as the type of deposited protein is necessary since the difference in oxygen transmissibility according to soft contact lens materials is related to the amount of protein deposition in the lens and globulin has the greatest effect on oxygen transmissibility.

**Key words:** Etafilcon A, Hilafilcon B, Oxygen transmissibility, Tear protein, Albumin, Globulin, Lysozyme

### 서 론

직접 눈에 접촉하는 콘택트렌즈 표면은 눈물에 포함되어 있는 단백질, 지방, 뮤신, 칼슘 등이 침착되며, 특히 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈)의 경우 하드콘택트렌즈에 비해 눈물 성분의 침착이 많다. 소프트렌즈의 재질 특성 및 표면 특성에 따라 눈물 성분의 침착 정도가 크게 달라져 이온성이며 고풍수율인 렌즈의 경우 침착량이 가장 많다.<sup>[1]</sup> 눈물 성분 중 소프트렌즈에 침착되는 양이 많으나 제거가 쉽지 않은 성분은 단백질이다. 소프트렌즈에 침착된 단백질을 제거하기 위해 콘택트렌즈 관리용품에 계면활성제 성분이 포함되어 있을 뿐만 아니라 별도로 단백질 분해 효소제제를 사용하여 세척을 하지만 단백질 침착물이 완전히 제거되지 않는다.<sup>[2]</sup>

소프트렌즈에 단백질이 침착하게 되면 충혈, 이물감, 건조감 등과 같은 착용감 저하 및 거대유두결막염 발생 등

과 같은 부작용이 나타난다.<sup>[3,4]</sup> 박 등<sup>[5,6]</sup>은 눈물 단백질의 침착에 따라 소프트렌즈에 침착되는 포도상구균 및 칸디다균의 수가 변하며 눈물 단백질의 종류, 렌즈 재질 및 눈물 단백질 변성 정도에 따라 부착되는 균 수가 달라진다고 하였다. 또한, 눈물 단백질의 침착에 의해 소프트렌즈 파라미터의 변화가 야기되어, 박 등<sup>[7]</sup>은 단백질의 침착으로 인해 소프트렌즈의 직경 및 곡률반경이 변한다고 하였으며, 최 등<sup>[8]</sup>은 굴절력의 변화가 초래된다고 하였다. 이 등<sup>[9]</sup>은 눈물 단백질의 침착이 콘택트렌즈의 산소투과도에 영향을 미치며, 침착되는 눈물 단백질의 양이 증가할수록 산소투과도가 감소한다고 하였다. 그러나 이러한 산소투과도의 변화는 렌즈의 재질 특성에 따라 정도의 차이가 있었다.

콘택트렌즈에 침착되는 눈물 단백질 성분은 알부민, 글로불린, 라이소자임 등이며, 눈물에서의 함유량에 차이가 있을 뿐만 아니라 단백질 크기나 전하의 차이로 인해 콘

\*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: [mjpark@seoultech.ac.kr](mailto:mjpark@seoultech.ac.kr)

본 논문의 일부내용은 2013년도 한국안광학회 동계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

택트렌즈에 이들 단백질이 비슷한 정도로 침착되지는 않는다. 즉, 라이소자임의 경우는 눈물 속의 함유량이 알부민이나 글로불린에 비해 크게 적음에도 불구하고 분자량은 14.3 kDa으로 66.4 kDa의 알부민이나 100~500 kDa의 글로불린보다 크기가 작아 콘택트렌즈 구멍(pore) 안으로 들어가기 쉽다.<sup>[10,11]</sup> 또한, 눈물의 pH 범위는 5.2~8.6이고 평균 pH는 7.0~7.5이며, 알부민의 등전점은 5.16 이어서 눈물에 비해 상대적으로 음전하를 띄고 라이소자임은 11.4로 상대적으로 양전하를 띄게 되므로<sup>[12,13]</sup> methacrylic acid에 의해 음전하를 띄는 소프트렌즈에 침착되는 라이소자임의 양이 다른 단백질에 비해 많다.<sup>[14]</sup>

또한, 눈물 단백질의 종류에 따라 단백질이 가지고 있는 이온성에 차이가 있으며 이러한 이온성의 차이는 콘택트렌즈 표면 및 pore 특성을 변화시켜 함수율에도 영향을 미칠 수 있다. 역으로 함수율이 단백질의 침착량에도 영향을 미치는 것으로 알려졌다. 즉, Allansmith 등<sup>[15]</sup>은 함수율이 증가할수록 단백질량과 침착되는 단백질 종류가 달라져 일반적으로 저함수 렌즈에서 알부민의 침착량이 많고 고함수 렌즈에서 라이소자임의 침착량이 많다고 보고한 바 있다. 따라서 소프트렌즈의 함수율에 의해 결정이 되는 산소투과도에 연차적으로 영향을 미치게 되며 어떤 종류의 눈물 단백질의 침착량이 많은가에 따라서 산소투과도의 변화 정도가 달라질 가능성이 있을 것으로 보인다.

이에 본 연구에서는 눈물 단백질 성분 중 라이소자임, 알부민, 글로불린이 안전한 콘택트렌즈 착용을 위한 필수 파라미터인 산소투과도에 미치는 영향을 비교하여 눈물 단백질 성분 중 산소투과도의 변화에 영향을 미치는 원인 성분을 밝히고자 하였다. 또한, 렌즈 재질에 따른 산소투과도의 변화를 알아보아 재질 특성과 눈물 단백질 성분과의 상관관계를 밝히고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 콘택트렌즈

본 연구에 사용된 콘택트렌즈는 국내에 시판되고 있는 소프트렌즈 중 etafilcon A 재질인 렌즈와 hilafilcon B 재질인 렌즈였다(Table 1). Etafilcon A 재질은 FDA 기준 group IV에 해당하여 고함수/이온성이고 hilafilcon B 재질은 FDA 기준 group II에 해당하여 고함수/비이온성이다. 두 재질의 함수율은 각각 58%, 59%로 비슷하였으며, 기본 monomer가 HEMA소재로 되어있는 렌즈로 도수는 -3 D로 일정하였다.<sup>[15]</sup> 본 연구에서 선택한 2종의 콘택트렌즈는 함수율이 유사한 렌즈이나 이온성 여부가 다른 렌즈로 이온성 여부에 의한 단백질 침착량 및 침착되는 단백질 종류의 차이에 의한 산소투과도의 변화 차이를 알아보기 위

Table 1. The specification of soft contact lenses tested

USAN	etafilcon A	hilafilcon B
Manufacturer	ACUVUE	Bausch+Lomb
Monomer	HEMA <sup>a</sup> +MMA <sup>b</sup>	HEMA <sup>a</sup> +NVP <sup>c</sup>
Water content (%)	58	59
FDA material group	IV	II
Oxygen permeability 10 <sup>-11</sup> (cm <sup>2</sup> /sec) (mlO <sub>2</sub> /ml×mm Hg)	21.4	22
Base curve at -3.00 D (mm)	8.5	8.6
Diameter (mm)	14.2	14.2
Center thickness at -3.00 D (mm)	0.084	0.09

<sup>a</sup>HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate

<sup>b</sup>MMA: methacrylic acid

<sup>c</sup>NVP: N-vinyl pyrrolidone

해 선정되었다.

### 2. 눈물 단백질 침착 및 정량

알부민(bovine serum albumin, Amresco Co., USA)용액은 눈물 조성과 동일한 0.54 g/100 ml의 농도로 제조하였으며 라이소자임(lysozyme EGG white, Amresco Co., USA) 용액은 0.18 g/100 ml, 글로불린( $\gamma$ -globulins from bovine blood, Sigma, USA) 용액은 0.18 g/100 ml의 농도로 제조하였으며 눈물 단백질 용액은 이 3종의 단백질이 모두 포함되도록 제조하였다.<sup>[16]</sup> 비슷한 단백질 양이 침착되었을 때의 산소투과도를 비교하기 위해 렌즈 재질에 따른 단백질 침착량을 고려하여 단백질 침착량이 많으며 일일착용렌즈인 etafilcon A 재질은 2분, 5분, 20분, 40분, 1시간, 6시간, 12시간 동안 노출시켰으며, 단백질 침착량이 적으며 2주 착용렌즈인 hilafilcon B 재질은 3, 7, 14일 동안 인공누액에 노출시켰다. 눈물 단백질 용액, 라이소자임 용액, 알부민 용액 또는 글로불린 용액이 5 ml씩 들어있는 바이알에 소프트렌즈를 넣은 후 진탕기(shaker, CR300, FINEPCR, Korea)를 이용하여 단백질을 침착시켰다(50 rpm). 소프트렌즈에 침착된 단백질은 250  $\mu$ l의 추출용매(SDS 완충 용액: 2% sodium dodecyl sulfate, 0.1% dithiothreitol, 0.01 M Tris buffer, pH 8)에 넣고 95°C로 15분간 가열한 후 상온에서 20분 동안 식혀서 추출하였으며, Lowry 방법을 이용하여 정량하였다.<sup>[17]</sup>

### 3. 산소투과도 측정

산소투과도는 polarographic 방법으로 측정하였다.<sup>[15]</sup> 0.9% 식염수에 담긴 콘택트렌즈와 polarographic cell, cell

mounting fixture를 항온항습기(WTH-E 155, Wisecube, Korea, 습도 95%, 온도 35°C)에 넣고 6시간 이상 평형 상태를 유지시킨 후 polarographic cell 위에 식염수 15  $\mu$ l를 떨어뜨리고 수분을 제거한 렌즈를 올려놓았다. 렌즈는 nylon mesh를 씌운 cell mounting fixture로 고정하였고 permeometer (Model 201T O<sub>2</sub> permeometer, CHREATECH, USA)를 이용하여 전류값을 측정했다. 렌즈의 중심두께는 electronic thickness gauge(Model ET-3, CHREATECH, USA)를 이용하여 측정하였다. 동일한 재질의 렌즈 전류값은 4번씩 반복 측정하였고, 모든 방법은 국제 표준화 기구인 ISO (International Organization for Standardization)의 기준에 따랐다.

#### 4. 통계처리

모든 측정값은 3회 이상 분석하여 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었고, 실험결과 간의 유의차 분석은 일원분산분석(one-way ANOVA)를 실시하여  $p < 0.05$ 일 경우 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 단백질 별 침착량 차이

Etafilcon A 렌즈를 12시간동안 단백질 용액에 노출시켰을 때의 단백질 침착량은 라이소자임 용액에 노출시켰을 때는 2599.5  $\mu$ g/lens, 알부민 용액에서는 67.5  $\mu$ g/lens, 글로불린 용액에서는 91.5  $\mu$ g/lens였고 hilafilcon B 렌즈를 14일 동안 단백질 용액에 노출했을 때의 단백질 침착량은 라이소자임은 20.7  $\mu$ g/lens, 알부민은 21.9  $\mu$ g/lens, 글로불린은 24.4  $\mu$ g/lens였다(Fig. 1). Etafilcon A의 단백질 종류별간에 단백질 양 차이에서 3가지 단백질 간은 통계적으로 유의한 차이를 보였고( $p=0.000$ ), 두 단백질 간의 비교

에서는 lysozyme과 albumin( $p=0.000$ ), lysozyme과 globulin ( $p=0.000$ )은 통계적으로 유의한 단백질 침착량의 차이를 보였으며, albumin과 globulin은 통계적으로 유의하지 않았다( $p=0.978$ ). Hilafilcon B의 경우 3가지 단백질 간 유의한 차이는 없었고( $p=0.727$ ), 두 단백질 간의 비교에서도 유의한 차이를 보이지 않았다(lysozyme-albumin;  $p=0.983$ , lysozyme-globulin;  $p=0.717$ , albumin-globulin;  $p=0.812$ ).

Etafilcon A 렌즈의 경우는 (-)로 하전된 이온성 렌즈이므로 (+)로 하전된 라이소자임의 침착이 월등하게 많았으며, (-)로 하전된 알부민 및 글로불린의 흡착량은 라이소자임에 비해 크게 적었으며 (-) 하전량이 더 큰 알부민의 흡착량이 가장 적었다. Hilafilcon B 렌즈의 경우는 이온성 여부가 다른 두 렌즈간의 단백질 흡착량이 크게 차이가 나는 것으로 보아 소프트렌즈의 이온성과 단백질 침착량과의 상관성을 확인할 수 있었다. 또한, hilafilcon B 렌즈의 경우는 라이소자임, 알부민, 글로불린의 침착량이 거의 비슷하여 단백질의 종류에 따른 침착량의 차이는 크지 않았다. 각 단일 단백질 성분이 함유된 용액간의 단백질 침착량 차이가 크지 않은 것은 소프트렌즈에 단백질 성분이 부착될 수 있는 공간이 한정적이기 때문에 각 단백질의 침착이 경쟁적으로 일어나서 나타나는 결과라고 생각된다.

#### 2. Etafilcon A 렌즈에서의 단백질 침착량과 산소투과도의 상관관계

인공눈물 단백질이 침착되지 않은 etafilcon A의 산소투과도는  $20.2 \times 10^{-9}(\text{cm}^2/\text{sec})(\text{mlO}_2/\text{ml} \times \text{mmHg})$ 이었으며, 라이소자임의 침착량이 증가할수록 산소투과도는 감소하여 2분 동안 라이소자임 용액에 노출시켰을 때 697.0  $\mu$ g/lens의 라이소자임이 침착되었으며 이 때 산소투과도는  $19.2 \times 10^{-9}(\text{cm}^2/\text{sec})(\text{mlO}_2/\text{ml} \times \text{mmHg})$ 였으며, 6시간 노출되

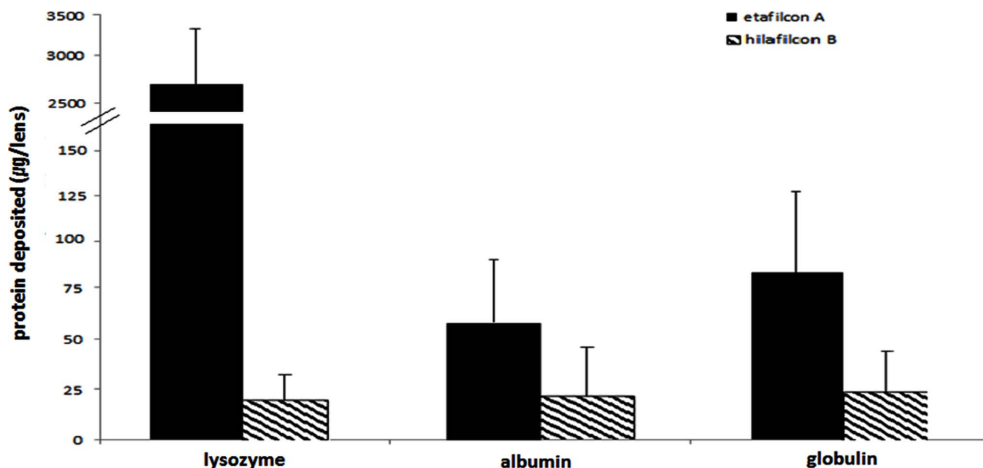


Fig. 1. Amount of protein deposited on etafilcon A lenses according to protein type.

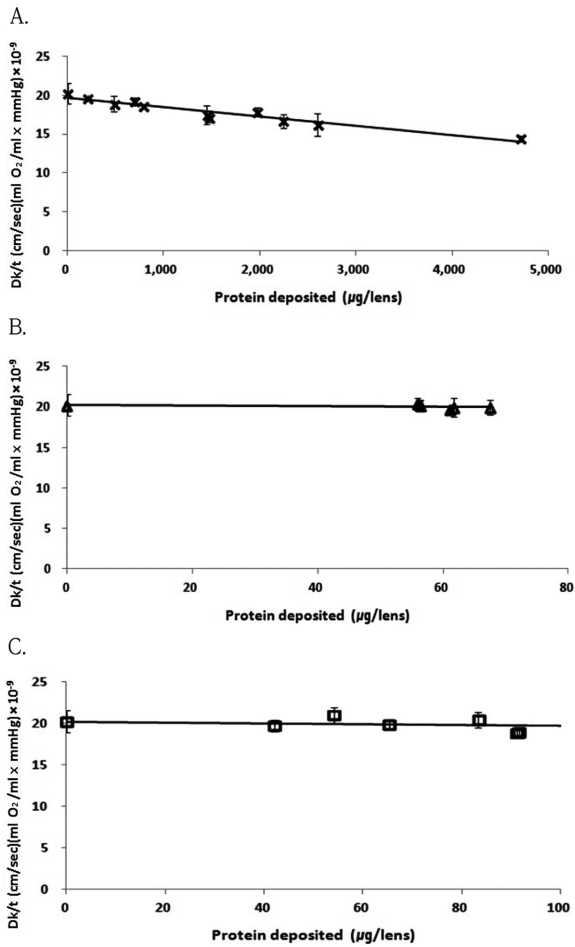


Fig. 2. The measured Dk/t according to amount of protein deposited on etafilcon A lens.  
A. lysozyme, B. albumin, C. globulin

었을 때는 2242.2 µg/lens의 단백질이 침착되었고 산소투과도는  $16.7 \times 10^{-9}$  (cm/sec)(mlO<sub>2</sub>/ml×mmHg)로 라이소자임이 침착되기 전의 82.7%였으며, 12시간동안 노출되었을 때에는 2599.5 µg/lens의 단백질이 침착되었고 산소투과도는  $16.1 \times 10^{-9}$  (cm/sec)(mlO<sub>2</sub>/ml×mmHg)로 침착되기 전의 80.1%의 산소투과도를 가지는 것으로 나타났다. 침착된

라이소자임 양에 따른 산소투과도의 변화는 상관계수 0.9613으로 강한 상관관계를 가지고 있었다(Fig. 2A).

알부민의 경우는 12시간 동안 노출되었을 때에 침착량이 67.5 µg/lens였고 산소투과도는  $19.9 \times 10^{-9}$  (cm/sec)(mlO<sub>2</sub>/ml×mmHg)로 단백질량이 증가함에 따라 산소투과도가 감소하는 경향을 보였으나 변화 정도는 크지 않아 알부민이 침착되기 전의 98.4%였다. 침착된 알부민 양에 따른 산소투과도의 변화는 상관계수 0.2949로 약한 상관관계를 보였다(Fig. 2B).

글로불린의 경우는 12시간 동안 노출되었을 때에 최대 침착 글로불린 양이 91.5 µg/lens였고 산소투과도는  $18.9 \times 10^{-9}$  (cm/sec)(mlO<sub>2</sub>/ml×mmHg)로 단백질량이 증가함에 따라 산소투과도가 감소하는 경향을 보였다. 변화 정도는 글로불린이 침착되기 전의 93.6%로 라이소자임에 비해 변화 정도가 크지 않았으나 알부민에 비해서는 다소 큰 감소를 보였다. 침착된 글로불린 양에 따른 산소투과도의 변화는 상관계수 0.8495로 강한 상관관계를 가지고 있었다(Fig. 2C).

눈물 단백질의 침착에 의한 산소투과도의 감소 정도가 라이소자임, 알부민 및 글로불린의 양이 증가함에 따라 더 커지는 것으로 보아 침착되는 단백질량과 상관관계가 있는 것으로 보인다. 그러나 단백질량 외에도 소프트렌즈와 개별 단백질 간의 상호 작용에 의해서도 산소투과도의 변화가 초래될 수 있을 것으로 생각되어 동일한 양의 단백질 침착이 되었을 때의 산소투과도 변화가 단백질의 종류에 따라 달라지는 지에 대해 알아 볼 필요가 있다. 이에 단백질 침착량과 산소투과도 변화의 추세선 식을 이용하여 라이소자임, 알부민, 글로불린의 산소투과도를 예측하여 보았다. 라이소자임의 경우는 침착량이 다른 단백질의 100배 이상이 되므로 산소투과도에 더 크게 영향을 미치는 것처럼 나타났으나 실제로 동일한 양이 침착되었을 때에는 알부민과 글로불린이 산소투과도에 미치는 영향이 더 큰 것으로 나타났다(Fig. 3) 따라서 침착된 단백질량 뿐만 아니라 단백질의 종류도 산소투과도에 영향을 미치는

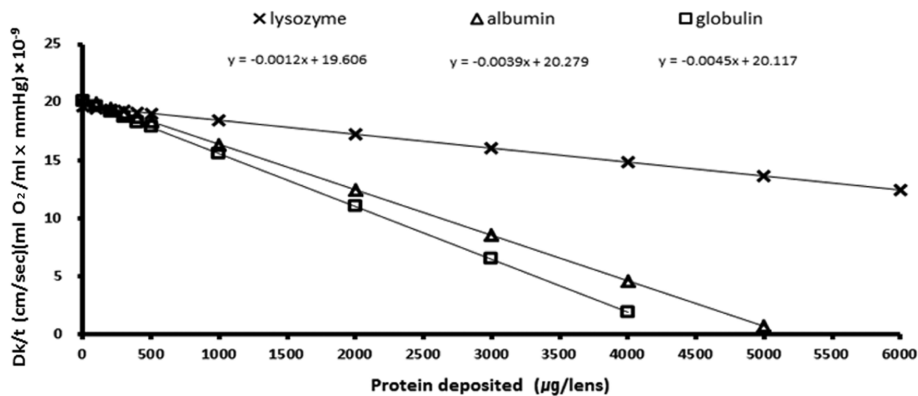


Fig. 3. The calibrated Dk/t according to amount of protein deposited on etafilcon A lens.

것을 알 수 있었다.

### 3. Hilafilcon B 렌즈에서의 단백질 침착량과 산소투과도의 상관관계

인공눈물 단백질이 침착되지 않은 hilafilcon B의 산소투과도는  $19.2 \times 10^{-9} (\text{cm/sec})(\text{mlO}_2/\text{ml} \times \text{mmHg})$ 이었으며, 라이소자임의 침착량에 따른 산소투과도의 변화 정도는 크지 않아 14일 동안 라이소자임 용액에 노출되었을 때  $20.7 \mu\text{g/lens}$  이 침착되었으며 산소투과도도 침착 전의 99.6%로 큰 차이가 없었다(Fig. 4A). 알부민의 경우는 14일 동안 노출되었을 때 침착량이  $21.9 \mu\text{g/lens}$  로 침착량이 적었고, 산소투과도 역시 알부민 침착 전의 100.8%로 변화가 없었다(Fig. 4B). 글로불린의 경우는 14일 동안 노출되었을 때 침착량이  $24.4 \mu\text{g/lens}$ 였고 산소투과도는 침착 전의 96.1%로 다른 단백질에 비해 감소되는 정도가 상대적으로 컸으며 상관계수도 0.5235로 단백질 침착량과 산소투과도의 감소가 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Fig. 4C).

본 연구에서는 etafilcon A와 hilafilcon B 렌즈에 침착된

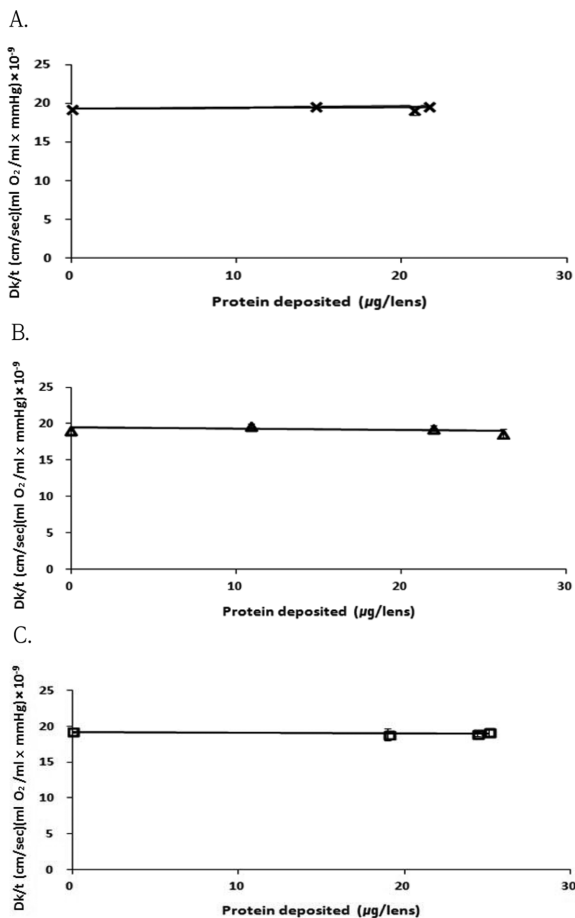


Fig. 4. The measured Dk/t according to amount of protein deposited on hilafilcon B lens.

A. lysozyme, B. albumin, C. globulin

단백질량과 산소투과도의 관계를 알아보았다. 이 등은<sup>[9]</sup> 눈물 단백질 용액에 의해 소프트렌즈의 산소투과도가 감소하며 감소하는 정도가 소프트렌즈 재질에 따라 다르다고 보고한 바 있으나 그러한 결과가 나온 원인에 대해서는 추후 보완 연구가 필요하다고 하였다. 본 연구에서는 이러한 소프트렌즈 재질에 따른 산소투과도의 변화 차이가 렌즈에 침착되는 단백질의 양 및 종류와 관련이 있는지를 알아보았다.

콘택트렌즈의 단백질 침착은 주로 눈물로부터 유래하며 침착시간이 경과됨에 따라 침착된 단백질은 변성되며 반투명해진다.<sup>[18,19]</sup> 단백질은 주로 소프트렌즈의 표면에 침착되지만 고풍수 렌즈들은 렌즈를 관통하여 렌즈의 pore에 침착되게 된다. 하이드로겔 렌즈에서 단백질 침투는 pore size, polymer chain의 농도, 단백질 구조, 단백질 크기에 따라 달라지는데 알부민은 유연한 단백질이라서 구조가 쉽게 변하고 하트모양의 구조로 되어있으며 분자량이  $66.4 \text{ kDa}$ , 크기는 약  $80 \times 80 \times 80 \text{ \AA}$ 이다.<sup>[20]</sup> 라이소자임은 약간 작은 타원형 형태로 129개의 아미노산으로 이루어져 있으며 분자량은  $14.3 \text{ kDa}$ 이고 약  $45 \times 30 \times 30 \text{ \AA}$ 의 크기를 가지고 있다.<sup>[21]</sup> 글로불린은 IgA, IgG, IgM, IgD 및 IgE가 있고 분자량이  $100 \sim 500 \text{ kDa}$ 로 다양하며 비교적 큰 단백질이다.<sup>[22,23]</sup> 많은 연구에서 콘택트렌즈 재질의 pore 크기가  $100 \text{ \AA}$  이하라고 보고되고 있다.<sup>[24]</sup>

Etafilcon A 재질의 경우 라이소자임은 침착량이 다른 단백질의 100배 이상이 되었으며, 단백질 용액에 동일 시간 동안 노출되었을 때 라이소자임 용액에 노출된 etafilcon A 렌즈의 산소투과도가 가장 크게 감소하였다. 즉, 산소투과도는 단백질의 침착량과 비례하여 감소하게 되는데, 라이소자임 침착량이 알부민이나 글로불린에 비해 월등하게 많기 때문에 동일 시간동안 인공눈물에 노출되었을 때에는 라이소자임에 의한 산소투과도의 감소가 가장 크게 나타났다. 그러나 동일한 양이 침착되었을 때는 오히려 산소투과도에 미치는 알부민 및 글로불린이 라이소자임보다 산소투과도에 더 큰 영향을 미치며, 글로불린이 가장 큰 영향력이 가진 것으로 나타났다. 이는 라이소자임과는 다른 표면 전하를 가진 알부민 및 글로불린이 소프트렌즈의 표면에서 라이소자임과는 다른 상호작용을 유발하여 산소투과도에 영향을 미치기 때문인 사료된다.

Hilafilcon B 렌즈의 경우에는 라이소자임, 알부민 및 글로불린의 침착된 단백질량 차이가 크지 않았다. Etafilcon A와 같이 methacrylic acid가 공중합된 렌즈는 methacrylic acid에 의해 렌즈의 pore 크기가 증가되는 것으로 알려져 있으나, hilafilcon B 렌즈는 methacrylic acid가 함유되어 있지 않은 일반적인 polyHEMA 소재의 하이드로겔 렌즈로 작은 pore 크기 때문에 알부민이나 글로불린과 같은 단

백질의 내부 침착이 크게 감소하게 된다.<sup>[20]</sup> 또한 비이온성이기 때문에 라이소자임의 침착량이 etafilcon A 렌즈와 크게 차이가 나게 되어 etafilcon A 렌즈 보다 단백질 침착에 의한 산소투과도의 변화가 크지 않은 것으로 보인다. 그러나 hilafilcon B 렌즈에서 비록 산소투과도의 감소가 크지 않았지만 글로불린의 경우는 단백질 침착량과 산소투과도의 감소가 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 같은 양의 단백질이 침착되었을 때 etafilcon A 렌즈에서와 마찬가지로 hilafilcon B 렌즈에서도 글로불린이 산소투과도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

분자량이 큰 단백질인 글로불린은 라이소자임과 알부민에 비해 pore를 통과하지 못하고 렌즈 표면에 침착되면서 pore를 막아 눈물(산소가 용해되어 있는)의 이동을 방해할 수 있다. 또한, 렌즈 표면에 침착된 큰 크기의 단백질이 눈물의 순환 시에도 잘 제거되지 못하고 침착된 시간이 경과됨에 따라 단백질 변성으로 이어지게 되면 변성된 단백질이 원래 가지고 있던 친수성의 성질을 잃고 소수성의 성질로 바뀌면서 눈물에 용해되는 산소의 양이 순차적으로 감소하는 결과를 초래할 것으로 보인다.<sup>[25]</sup> 이 등<sup>[26]</sup>은 소프트렌즈의 산소투과도에 pH 및 삼투압이 영향을 미친다고 하였으며 미세한 눈물 환경의 차이에 따라 산소투과도가 달라질 수 있음을 보고한 바 있다. 따라서 일정 시간 동안 착용한 소프트렌즈의 산소투과도는 주변 환경의 변화뿐만 아니라 침착된 단백질의 양 및 종류에 따라 달라져 제조사에서 제시하고 있는 산소투과도와 다를 것으로 보인다.

## 결 론

본 연구에서는 주요 눈물 단백질 성분인 라이소자임, 알부민, 글로불린의 침착이 소프트렌즈의 산소투과도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 고탍수이면서 이온성인 etafilcon A 렌즈에 침착되는 단백질량은 라이소자임이 알부민이나 글로불린의 100배 이상이었으며 산소투과도 역시 단백질 침착이 월등하게 많이 되는 라이소자임 용액에 노출되었을 때 가장 크게 감소하였다. 그러나 동일한 양이 침착되었을 때에는 라이소자임보다 오히려 알부민이나 글로불린에 의한 산소투과도 감소 정도가 더 컸으며, 그 중 글로불린에 의한 감소 폭이 더 컸다.

Etafilcon A 렌즈와 비슷한 함수율을 가지고 있지만 비이온성인 hilafilcon B 렌즈의 경우는 침착된 단백질의 양이 etafilcon A 렌즈에 비해 크게 적었으며, 라이소자임, 알부민, 글로불린의 침착량도 차이가 없었다. 산소투과도에는 라이소자임 및 알부민이 아무런 영향을 미치지 않은 반면 글로불린의 경우는 침착된 단백질량이 적어 산소투과도의 감소량이 적었지만 침착된 단백질량과 산소투과도

의 감소 정도가 상관관계가 있는 것으로 나타나 etafilcon A 와 hilafilcon B 렌즈 모두 비슷한 양의 단백질이 침착되었을 때 글로불린이 산소투과도에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 밝혔다.

본 연구에서는 소프트렌즈 재질에 따른 산소투과도의 변화 차이가 렌즈에 침착되는 단백질의 양과 밀접한 관련이 있을 가능성을 제시하였다. 또한, 눈물 단백질 중 글로불린이 산소투과도에 가장 큰 영향을 미치므로 소프트렌즈에 침착되는 단백질량 뿐만 아니라 단백질의 종류에 대해서도 관심을 가져야 할 필요가 있음을 제안한다.

## REFERENCES

- [1] Allansmith MR, Korb DR, Greiner JV, Henriquez AS, Simon MA, Finnemore VM. Giant papillary conjunctivitis in contact lens wearers. *Am J Ophthalmol.* 1977;83(5):697-708.
- [2] Sung HK, Byun HY, Kim SR, Park M. Comparison of evaluation methods for disinfection efficacy of contact lens care products. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014; 19(1):59-67.
- [3] Subbaraman LN, Glasier MA, Senchyna M, Senchyna H, Sheardown H, Jone L. Kinetics of in vitro lysozyme deposition on silicone hydrogel, PMMA, and FDA groups I, II, and IV contact lens materials. *Curr Eye Res.* 2006;31(10): 787-796.
- [4] Michaud L, Giasson CJ. Overwear of contact lenses: increased severity of clinical signs as a function of protein adsorption. *Optom Vis Sci.* 2002;79(3):184-192.
- [5] Park SH, Kim SR, Park M. Relationship between the deposition of tear constituents and the adherence of *Candida albicans* according to soft contact lens materials and pigmentation. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(3): 215-225.
- [6] Park SH, Park I, Kim SR, Park M. Relationship between the deposition of tear constituents on soft contact lenses according to material and pigmentation and adherence of *Staphylococcus aureus*. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(2):109-117.
- [7] Park M, Cho GT, Shin SH, Lee HS, Kim DS. The diameter and base curve changes of soft contact lens by protein deposition. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2005;10(3): 165-171.
- [8] Choi JY, Park JS, Kim SR, Park M. The change in refractive powers of soft contact lenses caused by the deposition of tear proteins. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2011; 16(4):383-390.
- [9] Lee SE, Kim SR, Park M. Influence of tear protein deposition on the oxygen permeability of soft contact lenses. *J Ophthalmol.* 2017;2017:1-6. <https://doi.org/10.1155/2017/5131764>.
- [10] Carter DC, He XM. Structure of human serum albumin.

- Science. 1990;249(4966):302-303.
- [11] Blake CC, Mair GA, North AC, Phillips DC, Sarma VR. On the conformation of the hen egg-white lysozyme molecule. Proc R Soc Lond B Biol Sci. 1967;167(1009):365-377.
- [12] Keith D, Hong B, Christensen M. A novel procedure for the extraction of protein deposits from soft hydrophilic contact lenses for analysis. Curr Eye Res. 1997;16(5):503-510.
- [13] Barbucci R, Magnani A, Leone G. The effects of spacer arms in cross-linked hyaluronan hydrogel on Fbg and HSA adsorption and conformation. Polymer. 2002;43(12):3541-3548.
- [14] Ikeda K, Hamaguchi K, Imanishi M, Amano T. Effect of pH on the ultraviolet optical rotatory dispersion and circular dichroism of lysozyme. J Biochem. 1967;62(3):315-320.
- [15] Fatt I, Chaston J. Measurement of oxygen transmissibility and permeability of hydrogel lenses and materials. Int Contact Lens Clin. 1985;9(2):76-88.
- [16] Park M, Kwon MJ, Hyun SH, Kim DS. The adsorption pattern of protein to the soft contact lens and its effect on the visible light transmission and the contact angle. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2004;9(1):53-68.
- [17] Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J Biol Chem. 1951;193(1):265-275.
- [18] Lorentz H, Heynen M, Kay LM, Dominici CY, Khan W, Ng WW et al. Contact lens physical properties and lipid deposition in a novel characterized artificial tear solution. Mol Vis. 2011;17:3392-3405.
- [19] Franklin V, Bright A, Pearce E, Tighe B. Hydrogel lens spoilage part 5: tear proteins and proteinaceous film. Optician. 1992;204(5367):16-26.
- [20] Sweeney D. Silicone hydrogels: continuous wear contact lenses, 2nd Ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004;90-125.
- [21] Garrett Q, Chatelier RC, Griesser HJ, Milthorpe BK. Effect of charged groups on the adsorption and penetration of proteins onto and into carboxymethylated poly(HEMA) hydrogels. Biomaterials. 1998;19(23):2175-2186.
- [22] Kricheldorf HR. Handbook of polymer synthesis, 2nd Ed. New York: Marcel Dekker, 2005;73-150.
- [23] Bajpai AK, Mishra DD. Adsorption of a blood protein on to hydrophilic sponges based on poly(2-hydroxyethyl methacrylate). J Mater Sci Mater Med. 2004;15(5):583-592.
- [24] Refojo MF, Leong FL. Microscopic determination of the penetration of proteins and polysaccharides into poly(hydroxyethylmethacrylate) and similar hydrogels. J Polymer Sci Polym symp. 1979;66(1):227-237.
- [25] Soderquist ME, Walton AG. Structural changes in proteins adsorbed on polymer surfaces. J Colloid Interface Sci. 1980;75(2):386-397.
- [26] Lee SE, Kim SR, Park M. Oxygen permeability of soft contact lenses in different pH, osmolality and buffering solution. Int J Ophthalmol. 2015;8(5):1037-1042.

## 눈물 단백질의 침착과 소프트콘택트렌즈 산소투과도와의 상관관계

이지영, 이준일, 김소라, 박미정\*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2017년 5월 11일), 수정일(2017년 6월 8일), 게재 확정일(2017년 6월 9일)

**목적:** 본 연구에서는 눈물 단백질 성분인 라이소자임, 알부민 및 글로불린이 소프트콘택트렌즈의 산소투과도에 미치는 영향을 알아보았다. **방법:** Etafilcon A 렌즈(고함수, 이온성)와 hilafilcon B 렌즈(고함수, 비이온성)를 라이소자임, 알부민, 글로불린 용액에 각각 노출시킨 후 침착된 단백질량을 측정하였으며, polarographic 방법을 사용하여 산소투과도를 측정하였다. **결과:** Etafilcon A 렌즈의 라이소자임 침착량은 알부민 및 글로불린의 침착량과 비교하여 100배 이상 많았다. 단백질의 침착과 산소투과도 감소의 상관관계는 모든 단백질 용액에서 나타났으며, 동일한 시간동안 노출되었을 때 침착량이 월등하게 많은 라이소자임에 의해 산소투과도의 감소가 크게 나타났다. 그러나 동일한 양의 눈물단백질이 침착되었을 때에는 글로불린에 의한 산소투과도 감소가 가장 크게 나타났다. Hilafilcon B 렌즈의 경우는 라이소자임, 알부민, 글로불린의 침착량이 거의 비슷하였으며, etafilcon A 렌즈에 비해 크게 작았고 산소투과도의 변화 역시 크지 않았다. Hilafilcon B 렌즈 역시 글로불린 침착량과 산소투과도의 감소가 상관관계가 있었다. **결론:** 소프트콘택트렌즈 재질에 따른 산소투과도의 변화 차이가 렌즈에 침착되는 단백질의 양과 관련이 있으며 글로불린이 산소투과도에 가장 큰 영향을 미치므로 소프트렌즈에 침착되는 단백질량 뿐만 아니라 단백질의 종류에 대해서도 관심을 가져야 할 필요가 있음을 제안한다.

**주제어:** Etafilcon A, Hilafilcon B, 산소투과도, 눈물단백질, 알부민, 글로불린, 리소자임